熱帯魚による吸虫類の中間宿主貝の殺貝効果¹⁾

宮下 衛* 田中 寛 白坂 昭子 一盛 和世

東京大学医科学研究所寄生虫研究部 (〒108 東京都港区白金台 4-6-1)

(受領: 1977年3月28日)

Studies on the biological control of an intermediate host of
Trematoda by tropical fishesMamoru MIYASHITA, Hiroshi TANAKA, Akiko SHIRASAKA
and Kazuyo ICHIMORIDepartment of Parasitology, The Institute of Medical Science,
University of Tokyo, Shirogane-dai, Minato-ku, Tokyo 108

はじめに

吸虫類の中間宿主となる淡水産の貝類の天敵として、グッピー (Oliver-Gonzalez, 1946), ティラピア (Berg, 1973) やナマズ (De Bont and De Bont Hers, 1952) などの魚類, ツグミ, タシギなどの鳥類 (飯島ら, 1963), ヤチバエ科の幼虫 (Berg, 1953), ホタルの幼虫 (宮島・奥村, 1917), 甲殻類のカイミジンコの1種 (Sohn and Kornicker, 1972), 環形動物のヒル類 (Chernin *et al.*, 1956a) *Marisa* 属の貝類 (Chernin *et al.*, 1956b; Oliver-Gonzalez *et al.*, 1956) などが報告されている。これらの中で、魚類は、吸虫類の中間宿主となる貝類との地理的分布などのちがいによって、天敵としてすぐれた可能性を持っていたとしても、発見されなかった種類が多いと考えられる。

田中 (1974) がフィリピン, レイテ島において、熱帯魚スマトラ *Barbus tetrazona* の貝 *Oncomelania quadrasi* に対する捕食実験を行った際、マニラで、越後貫静子氏、越後貫寛博士がスマトラを購入、飼育して実験に供給した。両氏が引続き各種熱帯魚を飼育中、たまたま、熱帯魚コンビクト *Cichlasoma nigrofasciatum* が水槽中の貝を全滅させたことに気づき、コンビクトの殺貝実験の端緒を作った (田中, 1975)。

本研究は1976年2月、田中がフィリピンから *Cichlasoma* 属の1種、コンビクトを20個体持ち帰ったのを

機会に、この *C. nigrofasciatum* を含めて、シクリ科6種、コイ科2種、およびカラシン科1種の合計9種の熱帯魚についてマンソン住血吸虫の中間宿主貝 *Biomphalaria glabrata* に対する殺貝試験、およびグッピー *Poecilia reticulata* の幼魚に対する捕食試験を行った。さらに、*C. nigrofasciatum* については、日本住血吸虫の中間宿主、ミヤイリガイ *Oncomelania nosophora* および肝蛭の中間宿主、ヒメモノアラガイ *Limnaea (Galba) ollura* に対する殺貝試験を行った。

材料と方法

実験に供した熱帯魚と貝は Table 1 に示す。また、実験1~6までのすべての試験、および供試魚、供試貝の飼育は常時25°C に調整したバイオトロン内で行った。試験は24時間連続照明下で行った。

実験 1. 各種熱帯魚の *Biomphalaria glabrata* 殺貝試験

たて23cm, 横17cm, 高さ21cm のスチロール製の水槽にくみおき水6lを入れ、その中に最大直径0.5~2.4cm の *Bi. glabrata* 20個体ずつ、および供試魚1個体ずつを放し、水槽の底面から10cm の高さのところにサラン製のネットでおおいをして、貝が水面にはい上れないようにして試験を行った。供試魚および貝の自由に動ける容積は約3.9lで、試験中は継続して曝気を行い、溶存酸素が不足にならないようにした。なお、試験中は供試魚、供試貝に対する餌は全く与えなかった。水槽内の水は毎日全部取り換え、その際に供試貝の生死を調べた。試験期間は3~7日間とした。

1) この研究は、文部省科学研究費特定研究「生物を利用する環境改善の研究」の補助をうけた。

* 現所属: 鹿児島大学医学部公衆衛生学教室 (〒890 鹿児島市宇宿町 1208-1)

Table 1 List of fishes and snails used

Scientific name	Common name and the maximum size
Fishes	
Family Cichlidae	
<i>Cichlasoma nigrofasciatum</i> (Günter, 1869)	Zebra cichlid, Convict cichlid, 10 cm
<i>C. biocellatum</i> Regan, 1909	Jack dempsey, 18 cm
<i>C. elisalium</i>	Flamingo cichlid, 20 cm
<i>C. festivum</i> (Heckel, 1840)	Barred cichlid, Flag cichlid, Festivum, 15 cm
<i>C. severum</i> (Heckel, 1840)	Banded chichlid, 20 cm
<i>Tilapia galilaea</i> (Linnaeus, 1758)	Galilee cichlid, Mouth-brooder, 40 cm
Family Characidae	
<i>Anoptichthys jordani</i> Habbs and Innes, 1938	Blind cave fish, 8 cm
Family Cyprinidae	
<i>Barbus tetrazona tetrazona</i> (Bleeker, 1855)	Sumatra barb, Tiger barb, 7 cm
<i>Ba. semifasciolatus</i> Günther, 1868	Chinese barb, Half-striped barb, Green barb, 7 cm
Snails	
<i>Biomphalaria glabrata</i> (Say, 1818)	
<i>Oncomelania nosophora</i> Robson, 1915	ミヤイリガイ
<i>Lymnaea (Galba) ollura</i> Gould, 1859	ヒメモノアラガイ

Bi. glabrata の生死の判定は、細い針金の先でつづいて、収縮運動を示したものは生、そうでないものを死とした。また、死貝も生貝と同様に水槽内にもどした。なお、死貝のうち、直接殻に穴をあけられて死んだもの、あるいは、死亡後に殻に穴をあけられて、肉質部や内臓を摂食されたものを破壊個体 (crushed) として細分した。

実験 2. *C. nigrofasciatum* の *Bi. glabrata* の個体数を変えたときの殺貝試験

実験 1 と同様の方法で、水槽内に放す *Bi. glabrata* の個体数を 20, 40, 60 と変えて *C. nigrofasciatum* による *Bi. glabrata* の殺貝試験を行った。 *Bi. glabrata* は最大直径 0.5, 1.2cm および 2.4cm のものを用いた。

実験 3. 水草が有るときと、無いときの *C. nigrofasciatum* の *Bi. glabrata* 殺貝試験

水槽内に、貝が付着できる水草が存在することによって、 *C. nigrofasciatum* の *Bi. glabrata* 殺貝効果が変わるかどうかを調べるために、たて 70cm, 横 40cm, 高さ 22cm のスチロール製の衣装ケース 2 個に、10cm の深さにくみおき水を入れ、クロモ *Hydrilla verticillata* を入れた区と、入れない区を設け、両区に最大直径 1.0~1.4cm の *Bi. glabrata* 100 個体ずつを放した。そこに、 *C. nigrofasciatum* を 5 個体ずつ放して、10 日間試験を行った。水は全量を毎日交換し、その際に *Bi. glabrata* の生死を調べた。水槽内にエア・ストーン 3 個を置き、試験中は継続して曝気を行った。試験終了時のクロモの生重量は 184g (乾燥重量としては 15.5g)

であった。試験に用いた *C. nigrofasciatum* の体重、体長はクロモを入れた区では、体重 2.4~5.2g (平均 3.7g), 体長 3.8~5.1cm (平均 4.5cm), クロモを入れない区では、体重 1.9~4.6g (平均 3.0g), 体長 3.7~4.8cm (平均 4.2cm) である。

実験 4. *C. nigrofasciatum* のミヤイリガイ *Oncomelania nosophora* 殺貝試験

実験 1 と同様の方法で、ミヤイリガイの稚貝 (殻長 5.4mm, 殻径 2.7mm) および親貝 (殻長 7.0mm, 殻径 3.0mm) を 3 ないし 5 個体入れた水槽に、 *C. nigrofasciatum* 1 個体ずつを放して、ミヤイリガイの殺貝試験を行った。

ミヤイリガイの生死の判定は、小宮・小島 (1959) の方法に従い、水槽より取り出したミヤイリガイをペトリ皿に漏紙を敷き、蒸留水でしめらせた上に置き、2~3 時間放置し、運動を示したものを生とし、運動を示さないものはグリーン顕微鏡下でその反応を調べて生死を確認した。

実験 5. *C. nigrofasciatum* のヒメモノアラガイ殺貝試験

実験 1 と同様の方法で、殻長 9.5mm, 殻径 4mm のヒメモノアラガイ 20 個体ずつを入れた水槽に *C. nigrofasciatum* 1 個体ずつを放して、ヒメモノアラガイの殺貝試験を行った。ヒメモノアラガイの生死は、 *Bi. glabrata* の生死の判定の方法に従って行った。

実験 6. 各種熱帯魚のグッピー捕食試験

実験 1 で用いたと同じ水槽に、くみおき水 6l を入れ、

体長約 1.5cm のグッピーの幼魚 5 個体および各種の熱帯魚を 1 個体ずつ放し、グッピーの幼魚の捕食状態を 2 日間観察した。グッピーを水槽に放すと同時に、各熱帯魚の体重の 10% 当りの Tetra Min (熱帯魚用の飼料) を水槽に入れた。

結 果

実験 1. 各種熱帯魚の *Bi. glabrata* 殺貝試験

Bi. glabrata 20 個体を放した水槽に、熱帯魚を 1 個体ずつ放して、*Bi. glabrata* の殺貝試験を 3～7 日間行った成績を Table 1～9 に示した。() 内は、殻に穴をあけられたり、割られたりして、肉質部や内臓部を摂食された貝の数を表わす。

C. nigrofasciatum の *Bi. glabrata* に対する突っつき行動は、頭部と腹足を出して歩行している貝に対して頻繁に行われることが観察された。Table 2 に示すように、*C. nigrofasciatum* は最大直径 0.5 および 1.2cm の貝に対しては、1 日目で水槽内に放した貝の半数以上

を殺しており、3 日目では、そのほとんどを殺すことが認められた。また、貝殻を割って、肉質部や内臓を摂食することが、*C. nigrofasciatum* の糞によって確かめられた。しかし、最大直径 1.8 および 2.4cm の貝に対する殺貝数は、0.5 および 1.2cm の貝に対するものと比較すると、きわめて少なかった。

C. biocellatum は *C. nigrofasciatum* と同様に 1 日目から貝を殺すことが認められた。0.5cm の貝で 7 日間試験をしたのは 2 個体だけであったが、7 日目では 20 個体のほとんどを殺していた。また、1.2cm の貝に対しての殺貝数は、*C. nigrofasciatum* に次いで多いことが認められた (Table 3)。

C. elisalium は、最大直径 0.5cm の貝に対して、2～3 日目以降に、急激に殺貝数が増え、7 日目では、そのほとんどを殺しており、また貝殻を割って内臓などを摂食していることが認められた。最大直径 1.2cm の貝に対する殺貝数は、最大直径 0.5cm に対するものより少なかった (Table 4)。

Table 2 The number of *Biomphalaria glabrata* killed by *Cichlasoma nigrofasciatum*

<i>C. nigrofasciatum</i>		<i>Bi. glabrata</i>		Number of dead snails		
Weight (g)	Body length (cm)	Maximum diameter (mm)	Supplied number	Time (days)		
				1	2	3
A	1.79	3.7	5	20	11 (0)	12 (5)
B	3.62	4.6	5	20	16 (16)	17 (17)
C	2.45	4.0	12	20	11 (0)	13 (2)
D	4.49	5.0	12	20	19 (0)	19 (5)
E	2.45	4.2	18	10	1 (0)	2 (0)
F	5.40	5.2	24	20	0 (0)	3 (0)

() : The number of crushed snails among dead snails

Table 3 The number of *Biomphalaria glabrata* killed by *Cichlasoma biocellatum*

<i>C. biocellatum</i>		<i>Bi. glabrata</i>		Number of dead snails						
Weight (g)	Body length (cm)	Maximum diameter (mm)	Supplied number	Time (days)						
				1	2	3	4	5	6	7
A	6.45	5.3	5	20	0	0	0	—	—	—
B	5.10	5.3	5	20	1 (0)	1 (0)	1 (0)	—	—	—
C	4.37	4.3	5	20	6 (3)	8 (3)	11 (3)	15 (4)	18 (6)	19 (9)
D	4.96	5.1	5	20	12 (12)	13 (13)	18 (17)	19 (19)	19 (19)	20 (19)
E	6.68	5.3	12	20	3 (1)	4 (1)	4 (3)	—	—	—
F	6.27	5.0	12	20	2 (0)	2 (0)	2 (0)	2 (0)	2 (0)	2 (1)
G	4.63	4.9	12	20	1 (0)	2 (0)	3 (0)	3 (0)	5 (0)	9 (1)
H	5.11	5.0	12	20	5 (1)	8 (3)	9 (4)	11 (6)	12 (6)	13 (9)

Table 4 The number of *Biomphalaria glabrata* killed by *Cichlasoma elisalium*

<i>C. elisalium</i>			<i>Bi. glabrata</i>		Number of dead snails						
Weight (g)	Body length (cm)	Maximum diameter (mm)	Supplied number	Time (days)							
				1	2	3	4	5	6	7	
A	3.56	4.2	5	20	0	1(0)	5(0)	10(1)	17(10)	18(14)	18(17)
B	2.79	4.0	5	20	0	9(0)	11(2)	15(2)	19(3)	20(16)	20(18)
C	4.85	5.2	5	20	1(1)	5(5)	8(7)	11(10)	15(15)	18(18)	20(20)
D	2.60	4.2	12	20	1(0)	1(0)	2(0)	—	—	—	—
E	4.84	5.0	12	20	1(0)	2(0)	3(1)	—	—	—	—
F	5.02	5.1	12	20	2(2)	2(2)	2(2)	7(3)	7(3)	10(6)	12(8)

Table 5 The number of *Biomphalaria glabrata* killed by *Cichlasoma festivum*

<i>C. festivum</i>			<i>Bi. glabrata</i>		Number of dead snails						
Weight (g)	Body length (cm)	Maximum diameter (mm)	Supplied number	Time (days)							
				1	2	3	4	5	6	7	
A	1.10	2.8	5	20	1(0)	1(0)	2(1)	3(3)	5(5)	5(5)	6(5)
B	0.99	2.8	5	20	4(0)	8(0)	9(4)	9(4)	9(5)	9(6)	11(13)
C	1.04	3.0	5	20	5(0)	8(3)	13(6)	13(9)	13(11)	15(12)	15(13)
D	0.64	2.5	12	20	0	0	0	—	—	—	—
E	1.03	2.8	12	20	0	1(1)	2(1)	—	—	—	—
F	0.70	2.1	12	20	0	0	0	2(0)	3(0)	5(1)	5(2)

Table 6 The number of *Biomphalaria glabrata* killed by *Cichlasoma severum*

<i>C. severum</i>			<i>Bi. glabrata</i>		Number of dead snails						
Weight (g)	Body length (cm)	Maximum diameter (mm)	Supplied number	Time (days)							
				1	2	3	4	5	6	7	
A	1.17	2.9	5	20	0	1(1)	2(1)	—	—	—	—
B	1.07	2.9	5	20	0	2(1)	2(2)	—	—	—	—
C	1.11	2.8	5	20	2(1)	3(3)	7(5)	10(5)	12(6)	12(6)	16(9)
D	1.26	3.0	12	20	0	0	0	—	—	—	—
E	1.06	2.8	12	20	1(0)	2(2)	2(2)	—	—	—	—
F	1.12	2.9	12	20	0	0	0	0	1(0)	7(1)	9(2)

Table 7 The number of *Biomphalaria glabrata* killed by *Tilapia galilaea*

<i>T. galilaea</i>			<i>Bi. glabrata</i>		Number of dead snails						
	Weight (g)	Body length (cm)	Maximum diameter (mm)	Supplied number	Time (days)						
					1	2	3	4	5	6	7
A	11.56	7.0	5	20	0	0	1 (0)	—	—	—	—
B	12.51	7.3	5	20	2 (0)	2 (0)	4 (3)	6 (3)	8 (4)	8 (4)	8 (4)
C	9.33	6.6	5	20	2 (0)	3 (0)	5 (3)	7 (4)	7 (4)	8 (5)	8 (6)
D	12.80	7.3	12	20	0	0	0	—	—	—	—
E	12.80	7.0	12	20	0	1 (0)	2 (0)	—	—	—	—

Table 8 The number of *Biomphalaria glabrata* killed by *Anoptichthys jordani*

<i>A. jordani</i>		<i>Bi. glabrata</i>			Number of dead snails						
Weight (g)	Body length (cm)	Maximum diameter (mm)	Supplied number		Time (days)						
					1	2	3	4	5	6	7
A	1.91	4.4	5	20	0	1(0)	3(0)	3(1)	6(2)	6(2)	7(3)
B	2.44	5.0	5	20	1(1)	3(3)	4(4)	5(5)	7(5)	8(5)	11(7)
C	2.06	4.7	5	20	2(1)	2(1)	4(1)	8(2)	9(2)	15(5)	15(5)
D	1.71	4.2	12	20	0	0	0	0	0	1(0)	5(1)
E	1.65	4.4	12	20	0	0	0	0	1(0)	2(0)	7(0)
F	2.12	4.7	12	20	1(0)	1(1)	3(1)	4(3)	4(3)	5(4)	10(5)

Table 9 The number of *Biomphalaria glabrata* killed by *Barbus semifasciolatus*

<i>Ba. semifasciolatus</i>		<i>Bi. glabrata</i>			Number of dead snails						
Weight (g)	Body length (cm)	Maximum diameter (mm)	Supplied number		Time (days)						
					1	2	3	4	5	6	7
A	0.71	2.9	5	20	0	0	4(2)	4(3)	5(4)	7(5)	9(6)
B	0.66	2.9	5	20	0	0	0	1(0)	9(0)	10(2)	14(2)
C	0.60	2.7	5	20	1(0)	1(0)	6(1)	11(3)	11(4)	12(7)	14(13)
D	0.66	2.7	12	20	0	0	0*	—	—	—	—
E	0.68	2.9	12	20	0	1(0)	2(0)	—	—	—	—
F	0.46	2.1	12	20	0	1(0)	1(0)	2(0)	6(0)	7(2)	10(5)

*: The fish died on the third day.

Table 10 The number of *Biomphalaria glabrata* killed by *Barbus tetrazona tetrazona*

<i>Ba. t. tetrazona</i>		<i>Bi. glabrata</i>			Number of dead snails		
Weight (g)	Body length (cm)	Maximum diameter (mm)	Supplied number		Time (days)		
					1	2	3
A	1.09	2.9	5	20	0	0	0*
B	2.38	4.4	5	20	0	0	0
C	1.01	3.0	5	20	0	0	2(0)
D	1.09	2.9	12	20	0	0	0*
E	1.20	3.1	12	20	0	0	0
F	0.79	2.8	12	20	0	1(0)	1(0)

*: The fish died on the third day.

C. festivum は, Table 5に示されるように, 最大直径0.5cm に対しては1日目から殺貝が認められた。しかし, 最大直径1.2cm の貝に対する殺貝力は劣っていた。

C. severum (Table 6), *T. galilaea* (Table 7), *A. jordani* (Table 8) および *B. semifasciolatus* (Table 9) は, 2日目までの殺貝数が3個体以内であり, 3日目以降に, 殺貝数が徐々に増加する傾向がみら

れた。しかし, *C. nigrofasciatum* (Table 2), *C. biocellatum* (Table 3) や *C. elisium* (Table 4) のような高率の殺貝性は認められなかった。また, 最大直径1.2cm の貝に対する殺貝数は少なく, 殻を割って内臓などを摂食する割合もきわめて少なかった。*Ba. t. tetrazona* は Table 10に示すように, 試験中に6個体のうちの2個体が死亡しており, 試験をした9種のうちで最も殺貝数のすくない魚種であった。

Table 11 The number of *Biomphalaria glabrata* killed by *Cichlasoma nigrofasciatum*, at three different prey populations.

	<i>C. nigrofasciatum</i>		<i>Bi. glabrata</i>		Number of dead snails						
	Weight (g)	Body length (cm)	Maximum diameter (mm)	Supplied number	Time (days)						
					1	2	3	4	5	6	7
A	4.27	4.7	5	20	1 (1)	4 (1)	10 (10)	14 (14)	20 (20)		
B	4.56	5.2	5	40	6 (4)	10 (9)	18 (14)	30 (27)	36 (32)	38 (36)	40 (40)
C	3.42	4.7	5	60	0 (0)	6 (6)	14 (11)	23 (21)	34 (31)	41 (40)	46 (43)
D	5.65	5.2	12	20	3 (1)	5 (5)	7 (6)	10 (9)	13 (12)	18 (13)	20 (14)
E	5.27	5.3	12	40	1 (0)	2 (2)	7 (5)	11 (8)	14 (11)	17 (15)	18 (17)
F	5.33	5.3	12	60	10 (3)	13 (9)	17 (14)	20 (17)	28 (23)	30 (28)	30 (30)
G	5.40	5.2	24	20	0 (0)	3 (0)	5 (2)	9 (4)	9 (6)	11 (9)	11 (11)

(): The number of crushed snails among dead snails

実験 2. *C. nigrofasciatum* の *Bi. glabrata* の個体数を変えたときの殺貝試験

実験 1 で *C. nigrofasciatum* が 9 種の熱帯魚のなかで、最も高い殺貝性を示したので、最大直径 0.5~2.4cm の *Bi. glabrata* を用いて、水槽内に放す数を 20, 40, 60 と変えたときに、殺貝性が増えるかどうかを調べた結果を Table 11 に示した。

最大直径 0.5cm の *Bi. glabrata* に対して、20 個体の貝を放した区では、5 日目に、40 個体を放した区では、7 日目に、そのすべてを殺し、さらに貝殻を割って摂食していた。60 個体の貝を放した区では、7 日目に 46 個体を殺し、そのうちの 43 個体を摂食しており、殺貝数および貝殻を割っての摂食した数は、40 個体の貝を放した区とほとんど差は認められなかった。最大直径 1.2cm の貝に対しては、20 個体を放した区では、7 日目にそのすべてを殺していた。また、40 個体の貝を放した区では、7 日目に 18 個体を、60 個体を放した区では、30 個体を殺していた。最大直径 2.4cm の貝に対しては、7 日目に 11 個体を殺貝、摂食していたが、0.5cm, 1.2cm の *Bi. glabrata* に対する殺貝数をくらべると明らかに少ないことが認められた。

実験 3. 水草があるときと、無いときの *C. nigrofasciatum* の *Bi. glabrata* 殺貝試験

水草の有無によって殺貝数が変わるかどうかを調べるために、水槽に水草を入れた区と入れない区を設け、*C. nigrofasciatum* の *Bi. glabrata* 殺貝試験を 10 日間行った結果を Fig. 1 に示した。

水草がある区における殺された貝の数、および貝殻を割られて内臓などを摂食された貝の数は、いずれも水草のない区よりも少なかった。10 日目で比較すると、殺貝数は、水草のない区では 59 個体、水草のある区では 41 個

Fig. 1 Effect of the water plant, *Hydrilla verticillata*, on the killing efficiency of *Cichlasoma nigrofasciatum* against *Biomphalaria glabrata*. One hundred snails were exposed to 5 fish in an aquarium.

体であり、また、貝殻を割られて摂食された貝の数は、水草のない区では 45 個体、水草のある区では 21 個体であった。また、殺貝数に対する貝殻を割られて内臓などを摂食された貝の数の割合は、水草のない区では 76% であり、水草のある区では 51% となり、水草の有無によっても、その割合に差が認められた。

実験 4. *C. nigrofasciatum* のミヤイリガイ殺貝試験

日本住血吸虫の中間宿主、ミヤイリガイの *C. nigrofasciatum* による殺貝試験の結果を Table 12 に示した。A の *C. nigrofasciatum* はミヤイリガイの稚貝 5

Table 12 The number of *Oncomelania nosophora* killed by *Cichlasoma nigrofasciatum*

	<i>C. nigrofasciatum</i>		<i>O. nosophora</i>		Number of dead snails	
	Weight (g)	Body length (cm)	Height (mm)	Supplied number	Time (days)	
					1	2
A	1.85	3.7	54	5	3(0)	3(0)
B	2.93	4.3	70	5	2(0)	5(0)
B	2.93	4.3	54	3	2(0)	3(0)

() : The number of crushed snails among dead snails

Table 13 The number of *Liminaea (Galba) ollula* killed by *Cichlasoma nigrofasciatum*

<i>C. nigrofasciatum</i>	<i>L. (G.) ollula</i>		Number of dead snails									
	Weight (g)	Body length (cm)	Height (mm)	Supplied number	Time (days)							
					1	2	3	4	5	6	7	9
A	4.53	4.8	10	20	4(0)	4(0)	8(0)	13(0)	20(1)			
B	5.07	5.0	10	20	9(6)	15(7)	—	—	20(7)			
C	5.29	5.2	10	20	6(4)	10(8)	—	—	20(16)			
D	1.83	3.6	10	20	3(2)	5(3)	—	—	16(8)	18(10)	20(10)	
E	5.53	5.2	10	20	0	0	0	0	2(2)	6(3)	—	20(20)
F	2.61	4.0	10	20	1(0)	4(0)	6(0)	11(0)	12(8)	15(10)	—	20(17)

() : The number of crushed snails among dead snails

個体, Bは親貝5個体を入れた水槽に放したところ, 2日間で, Aは3個体を, Bは5個体のすべてを殺していた。さらに, Bの *C. nigrofasciatum* にミヤイリガイの稚貝3個体を与えたところ, 2日間で, その3個体を殺したことが認められた。 *C. nigrofasciatum* はミヤイリガイを口の中に入れることがあったが, すぐに吐き出しており, そのときに, 貝殻が割られたり, 貝が殺されたりすることはなかった。ミヤイリガイが殺されるのは, 頭部を殻から出して, 歩行しているときに, そこを突つかれることによることが確認された。

実験 5. *C. nigrofasciatum* のヒメモノアラガイ殺貝試験

肝蛭などの中間宿主となるヒメモノアラガイに対する *C. nigrofasciatum* の殺貝試験の結果を Table 13に示した。

試験に用いた7個体の *C. nigrofasciatum* のうちで, 3個体は5日目までにヒメモノアラガイ20個体のすべてを殺していた。一方, はじめの5日間の殺貝数が1~2個体であった *C. nigrofasciatum* も9日目には放した20個体の貝のすべてを殺しており, *Bi. glabrata* やミヤイリガイを殺すのと同様に, ヒメモノアラガイも高率に殺すことが認められた。

ヒメモノアラガイは, *Bi. glabrata* のように殻の内

部に頭部を深く引き込むことができず, また, ミヤイリガイのように貝殻が硬くないために, *C. nigrofasciatum* にたやすく貝殻を割られて肉質部や内臓を摂食されることが認められた。

実験 6. 各種熱帯魚のグッピー捕食試験

殺貝魚として熱帯魚を実際に池や沼に放すときに, 本来, そこに棲息している有益な魚類などを殺すおそれがあるかどうかを, あらかじめ検討しておく必要がある。ここでは, 蚊の幼虫などを捕食するグッピー (*Sasa et al.*, 1965) を用いて, 9種の熱帯魚のグッピー捕食試験を行った結果を Table 14に示した。 *C. biocellatum* *C. festivum* は, 実験開始後1時間以内に, グッピーの幼魚5個体すべてを殺していた。 *C. elisium* は2日間でグッピー5個体のすべてを殺していた。また, *C. severum*, *A. jordani*, *T. galilaea* もグッピーを殺すことが認められた。 *Ba. t. tetrazona*, *Ba. semifasciolatus* のコイ科の2種は, 1個体ずつ水槽に放したときにはグッピーを殺さなかったが, 10個体をひとつの水槽に入れ, そこにグッピーの幼魚を10個体入れたときには, 2日間で, グッピーの10個体すべてを殺しており, ここで試験をしたいずれの魚種の熱帯魚も, グッピーを攻撃することが認められた。なお, いずれの魚種の場合においても, グッピーは頭部を攻撃されて, ちぎられて

Table 14 The number of the Guppy, *Poecilia reticulata* killed by tropical fishes

Tropical fishes				Number killed	Number supplied
Species		Weight (g)	Body length (cm)	First day	Second day
<i>C. nigrofasciatum</i>	A	4.69	5.0	0/5	5/5
	B	2.67	4.0	3/5	5/5
<i>B. biocellatum</i>	A	3.12	4.1	5/5	—
	B	2.68	4.0	5/5	—
<i>C. elisalum</i>	A	2.50	4.3	5/5	—
	B	3.39	4.4	3/5	5/5
<i>C. festivum</i>	A	1.12	2.9	5/5	—
	B	0.68	2.9	5/5	—
<i>T. galilaea</i>	A	12.58	7.2	1/5	1/5
	B	11.53	7.1	4/5	4/5
<i>A. jordani</i>	A	2.47	4.8	1/5	1/5
	B	1.94	5.4	1/5	2/5
<i>C. severum</i>	A	1.11	2.8	5/5	—
	B	1.12	2.9	1/5	1/5
<i>B. semifasciolatus</i>	A	0.70	2.9	0/5	0/5
	B	0.58	2.7	0/5	0/5
<i>B. t. tetrazona</i>	A	1.00	3.0	0/5	0/5
	B	0.73	2.9	0/5	0/5

はいたが、死骸としてすべて残されており、捕食された様子は認められなかった。

考 察

アフリカ、中南米、東南アジアの湖沼、河川などには吸虫症を媒介する淡水産の巻貝類が数多く棲息している (Malek and Cheng 1974)。これらの貝の駆除には、従来殺貝剤が用いられたが殺貝剤の魚毒性が強いこと、重金属を含む殺貝剤など環境汚染が起りうることから、生物学的防除の開発が望まれている。

すでに De Bont and De Bont Hers (1952) は、アフリカにおいて *Physopsis* および *Biomphalaria* が数多く棲息する沼に、シクリ科の魚 *Serranochromis macrocephala* を放して殺貝実験を行った。3ヵ月後に沼が干上がったときには、大型の *Physopsis* は生き残っていたが、小型の巻貝は全く見つからなかったことを認めた。また、ナマズの1種 *Chrysichtys mabusi*, シクリ科の1種 *Astatroechromis alluaudi*, ヒレナマズ属の *Clarias gariepinus*, ナマズ類の *Synodontis* sp. なども殺貝魚として報告している。また Berg (1973) は貝類の生物学的防除に関する総説で、ティラピアの1種 *Tilapia melanopleura* やブルーギル *Lepomis microlephus* を住血吸虫の中間宿主となる貝を捕食する魚

として報告している。本実験では、従来貝攻撃性・殺貝性の未知な魚についてさらに知見を加えた。ただ、成魚を用いて試験することができなかったのも、魚種間の殺貝効果の比較はできなかった。しかし、数種熱帯魚が貝を攻撃する性質や貝を殺す習性の有無については検討することはできた。

実験1の各熱帯魚の最大直径0.5および1.2cmの *Bi. glabrata* の殺貝成績をまとめると *Cichlasoma* 属のものの殺貝性は高く、中でも *C. nigrofasciatum* の効果が著明であった (Table 15)。Sterba (1973) は、本科の魚が、小型の魚類、水生昆虫、ミミズなどを主として食べるが、中にもつばら貝類を食べる種もあると述べている。

Ba. tetrazona は、フィリピンにおける日本住血吸虫の中間宿主に対し、殺貝力のないことが認められた (田中, 1974) が、本試験においても9種の供試験魚中、最も殺貝性が劣った。また、*A. jordani* は blind cave fish と呼ばれるように洞穴内に棲む、目の退化した魚である。Table 15では、殺貝性の劣る種となるが、試験期間を長くした場合 (Table 8) には、他の種に劣らぬ成績を示しており、暗渠などの暗黒の場所における貝類の駆除に用いることを検討する必要があると考える。

実験1～5において、破壊個体 (crushed) とした死

Table 15 Frequency distribution of fish by the capacity of killing *Biomphalaria glabrata*. Each fish was exposed to 20 snails with maximum diameter of 5-12 mm in an aquarium for 3 days.

Species of fishes	Frequency of fish					Total
	Number of dead snail					
	0	1-5	6-10	11-15	16-20	
<i>C. nigrofasciatum</i>	0	0	0	1	3	4
<i>C. biocellatum</i>	1	4	1	1	1	8
<i>C. elisalium</i>	0	4	1	1	0	6
<i>C. festivum</i>	2	2	1	1	0	6
<i>C. severum</i>	2	3	1	0	0	6
<i>B. semifasciolatus</i>	2	3	1	0	0	6
<i>T. galilaea</i>	1	4	0	0	0	5
<i>A. jordani</i>	2	4	0	0	0	6
<i>B. t. tetrazona</i>	4	2	0	0	0	6

貝は、歩行している時に、頭・腹足部分を突つかれて殺されたものと、魚の餌の対象にされたものを区別するために行ったものである。しかし、ミヤイリガイにおいて、このような個体が全くなかったのは、殻が硬いためであり、一方、*Bi. glabrata* では、殻が大きくなるほど、貝殻の厚さと硬さが増大するために、殻を割られる個体数も減少したと考えられるので、破壊個体 (crushed) という表現は、魚に餌として食べられたか否か、と貝殻の硬さの影響をも表わしていると考えた方が妥当であろう。

Cichlasoma 属の魚は、なわばりを作り、そのなかに侵入するすべての動物に対して攻撃行動を起す (Sterba, 1973) という。このことは、実験2において観察され、水槽内に放された貝の数が増えると、殺貝数も増加する傾向を示したと一致する。*C. nigrofasciatum* が *O. quadrasi* をよく殺すことが知られている (田中, 1975) がミヤイリガイでも同様の結果を得た (Table 12)。本種はまた、ヒメモノアラガイをも殺し、摂食することが認められた (Table 13)。以上のことから、*C. nigrofasciatum* は供試巻貝に対する殺貝性の高い種であることが認められた。

巻貝類が水草や枯れ枝などに付着している場合を考慮して、実験3で、水草があるときと、無いときの *C. nigrofasciatum* の *Bi. glabrata* 殺貝効果試験を行ったところ、水草があると、殺貝数は明らかに減少した。貝類が付着できる物があつたり、葦などのような半水生の植物が繁茂している所では、魚は入り込みにくくなり、殺貝効果が期待できない場合もあるのではないかと。また、水深の浅い場所に棲息する貝類に対する殺貝効果についても当然、疑問である。さらに、いかに殺貝効果

をもつ魚でも、他の土地に導入する場合は、本来、その土地に棲む他の魚を殺したり、また、生態系の破壊をまねく可能性は排除せねばなるまい。本実験の供試魚について実験6で示すような試みを行ったが、この点安易な天敵生物の導入に注意を要しよう。

ま と め

シクリ科6種、カラシン科1種、コイ科2種の合計9種の熱帯魚について、マンソン住血吸虫の中間宿主 *Bi. glabrata* の殺貝試験を行ったところシクリ科の熱帯魚がすぐれた殺貝性を持っていた。中でも *C. nigrofasciatum* が最も殺貝性の高い魚であった。本種は、ミヤイリガイ、ヒメモノアラガイに対しても殺貝力を持っていてその殺貝性は *Bi. glabrata* の数を増やすと、その数に比例して増加した。

ただ、*Bi. glabrata* が付着できる水草があるときには、*C. nigrofasciatum* の殺貝性は著しく減少する。そして、試験に用いた9種の熱帯魚は、いずれもグッピーの幼魚をも殺すことが認められた。

供試魚の同定など、種々のご教示をいただいた東京水産大学藤田清博士、その入手に際し、ご協力をいただいた日本熱帯魚研究所牧野信司所長、一部の供試貝を分与された聖マリアンナ医科大学病害動物学教室神谷正男博士 (現、北大)、および、実験のご協力をいただいた東京大学医学研究所寄生虫研究部松田肇氏、二瓶直子氏に感謝いたします。

引用文献

- Berg, C. O. (1953) : Sciomyzid larvae (Diptera) that feed on snails. *J. Parasitol.*, **39** : 630-636.

- Berg, C. O. (1973) : Biological control of snail-born diseases; A review. *Exp. Parasitol.*, **33** : 318-330.
- Chernin, E., E. H. Michelson and D. L. Augustine (1956a) : Studies on the biological control of schistosome-bearing snails. I. The control of *Australorbis glabratus* populations by the snail, *Marisa cornuarietis*, under laboratory conditions. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, **5** : 297-307.
- Chernin, E., E. H. Michelson and D. L. Augustine (1956b) : Studies on the biological control of schistosome-bearing snails. II. The control of *Australorbis glabratus* populations by the leech, *Helobdella fusca*, under laboratory conditions. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, **5** : 308-314.
- De Bont, A. F. and M. J. De Bont Hers (1952) : Mollusc control and fish-farming in Central Africa. *Nature*, **170** : 323-324.
- 飯島利彦, 伊藤洋一, 山下尚, 杉浦三郎 (1963) : ミヤイリガイの天敵としての鳥類の研究 (1) 各種鳥類のミヤイリガイ捕食状況について. 寄生虫学雑誌, **12** : 250-252.
- 小宮義孝, 小島邦子 (1959) : 土中に埋没されたミヤイリガイ *Oncomelania nosophora* の移動および死滅状況について. 寄生虫学雑誌, **8** : 96-100.
- Malek, E. A. and T. C. Cheng (1974) : Medical and economic malacology, 398 pp. Academic Press, New York and London.
- 宮島幹之助, 奥村多忠 (1917) : 蟹の幼虫は日本住血吸虫の有力な天敵なり. 医海時報, 1197.
- Oliver-Gonzalez, J. (1946) : The possible role of the Guppy, *Lebistes reticulatus*, on the biological control of *Schistosomiasis mansoni*. *Science*, **104** : 605.
- Oliver-Gonzalez, J., P. M. Bauman and A. S. Benenson (1956) : Effect of the snail *Marisa cornuarietis* on *Australorbis glabratus* in natural bodies of water in Puerto Rico. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, **5** : 290-296.
- Sasa, M., T. Kurihara, O. Dhamvanij and C. Harinasuta (1965) : Studies on mosquitoes and their natural enemies in Bangkok, Part 3. Observations on a mosquito-eating fish "Guppy", *Lebistes reticulatus*, breeding in polluted waters. *Japan. J. Exp. Med.*, **35** : 63-80.
- Sohn, I. G. and L. S. Kornicker (1972) : Predation of schistosomiasis vector snails by Ostracoda (Crustacea). *Science*, **175** : 1258-1259.
- Sterba, G. (1973) : Freshwater fishes of the world, 877 pp., T. H. Publications, Inc. Ltd., Hong Kong.
- 田中寛 (1974) : 環境改善に対する生物の利用, (5) 熱帯魚とくにスマトラの *Oncomelania quadrasi* 捕食試験. 昭和49年度文部省特定研究, 人間の生存にかかわる自然環境に関する基礎的研究. 研究報告集, 23-26.
- 田中寛 (1975) : 環境改善に対する生物の利用. (4) コンビクトによる殺貝試験. 昭和50年度文部省特定研究. 人間の生存にかかわる自然環境に関する基礎的研究. 研究報告集, 64-66.

Summary

The schistosomiasis is widely scattered in the world and various control measures have been undertaken to reduce the population of intermediate snail hosts. In the present study, the killing efficiency of 9 kinds of tropical fishes were examined against the intermediate hosts of schistosomes.

Fishes examined were *Cichlasoma nigrofasciatum*, *C. biocellatum*, *C. elisaliu*, *C. festivum*, *Tilapia galilaea*, *Anoptichthys jordani*, *Barbus tetrazona tetrazona* and *B. semifasciolatus*.

A fish was released into a polystyrene aquarium (23×17×21 cm) along with 20 snails, and a sheet of Salan net was inserted horizontally into water at a level of 10 cm from the bottom to prevent snails crawling out of the aquarium. Among 9 tropical fishes listed above, Cichlidae was more effective than Characidae or Cyprinidae to kill the snail, *Biomphalaria glabrata*. Besides, *C. nigrofasciatum* or convict cichlid was found to be most efficient. The number of *B. glabrata* killed by a *C. nigrofasciatum* increased with the increase of snail population from 20 to 60. However, it decreased when the water plant, *Hydrilla verticillata*, was placed into the aquarium with snails. For example, among 100 snails exposed to 5 fishes in a large aquarium (70×40×22 cm), 45 were killed with plant while against 59 without plant.

Oncomelania nosophora and *Lymnea* (*Galba*) *ollura* were killed by *C. nigrofasciatum* effectively as *B. glabrata* were. The youngs of the guppy, *Poecilia reticulata* were killed by all the tropical fishes tested within 48 hours.